

# 美国国家大气研究中心优先研究领域新特点

周小刚<sup>1,2</sup>, 罗云峰<sup>2</sup>

(1. 中国气象局培训中心科技培训部, 北京 100081;  
2. 国家自然科学基金委员会地球科学部, 北京 100085)

**摘要** 美国国家大气研究中心于 2005 年 11 月提出了新的战略计划。该计划突出的新特点在于无论科学研究活动还是教育、观测设施等方面的战略目标和优先领域, 都是以地球系统研究为中心。如在科学研究方面的战略目标确定为: 认识地球系统的作用、准确预报地球系统的演变。相应的优先研究领域则为: 研究和了解地球和太阳的自然变率, 地球系统各分量的相互作用, 地球系统预报, 人类活动与地球系统的演变等。鉴于 NCAR 在国际大气科学界的地位, 这种以地球系统为中心的优先研究领域对我国大气科学及地球科学研究有一定的借鉴意义, 同时也将促使大气科学工作者摆脱传统天气、气候概念的束缚, 站在更高的高度来科学审视学科的发展。

**关键词** 地球系统, 优先研究领域, 新特点

**中图分类号** P4      **文献标识码** A

科学技术的进步使大气科学在 20 世纪最后几十年里获得了快速发展<sup>[1,2]</sup>。世纪之交之时, 世界上各主要发达国家和国际组织以及以大气科学为支撑基础的气象服务机构, 纷纷出台中长期的大气科学研究和发展规划, 试图选择有效措施, 力争在 21 世纪前 20 年将大气科学研究推向一个新的高度。

在美国国家层面上与大气科学相关的一些发展战略报告出台之后<sup>[3,4]</sup>, 美国国家大气研究中心 (National Center for Atmospheric Research, NCAR) 针对这些报告中提出的一些新的科学问题, 并考虑自身所能得到的经费支持, 于 2001 年 10 月完成了它未来 10 年在研究、设施及教育上的战略计划<sup>[5]</sup>。该计划所明确的 NCAR 在 21 世纪最初 10 年中的使命包括: 支持、加强和延伸高校机构的能力; 了解大气相关系统和全球环境中的现象; 促进有利于人类生存的知识和技术的传播。中心目标是: 作为一个主要的地球科学研究机构, 将集合先进的思想、人才及设施, 致力于解决对社会有重大影响的科学问题, 加速地球科学的发展。

为更好地实施战略规划报告中提出的使命和中心目标, 同时反映当前的科学和社会需求, NCAR 于 2004 年 2 月至 2005 年中期对其机构实施了重组。重组后最重要的变化是针对 20 世纪 80 年代中期以来地球系统科学及与其密切相关的进展, 在太阳、天气和气候系统实验室中新设立了地球系统研究室<sup>[6]</sup>。

随着科学技术的进步, 对地球系统的认识 and 了解也进入了一个新纪元。高性能计算机为研发和使用复杂的大气模式提供了保证, 新的观测系统以更高的时空分辨率提供地球系统状态参数; 对地球系统及太阳的物理和化学过程的了解导致传统分支学科的集成和综合。在充分认识到地球系统科学面临新发展机遇的基础上, NCAR 于 2005 年 11 月完成了新的战略计划。在上一份报告中, 是以各种拟进行计划的方式明确了 NCAR 新的研究方向<sup>[7]</sup>, 而在更新后的战略报告中, 则围绕地球系统, 明确提出了未来 5~10 年的战略目标和优先领域<sup>[8]</sup>。

NCAR 最新战略计划充分认识到将地球作为一

\* 收稿日期: 2006-01-18, 修回日期: 2006-05-11.

作者简介: 周小刚 (1964-), 女, 江苏盐城人, 副教授, 主要从事天气动力学、大气边界层研究和科研管理工作。

E-mail: dqxkz@nsfc.gov.cn

个整体来研究的可行性,并认为对地球系统的研究将是 NCAR 今后 5~10 年的主要科学目标,也是 NCAR 研究、教育和服务活动的中心。NCAR 的最新战略计划从科学研究、社会服务、教育、设施、观测系统 5 个方面提出了今后的战略目标和优先领域。下面着重介绍 NCAR 为进一步研究地球系统科学所提出的科学研究战略目标和优先领域。

对地球系统的预测有利于维持地球的可居住性、改进环境质量、保证人类健康、减轻自然灾害影响、实现社会经济应用价值。因此,NCAR 在科学研究方面的战略目标是:认识地球系统的作用、准确预测地球系统的演变。由于地球是随时间变化的行星,要准确预测地球系统的变化过程,必须了解地球的大气、海洋、陆地、冰雪、生物圈层的复杂相互作用;了解人类活动与地球的物理、化学及生物过程的耦合;了解太阳对地球的影响方式。面对这些挑战,NCAR 的理念是要将模式的发展和作为一个整体框架来看待。模式的发展需要以观测和理论为基础,同时模式也为新观测手段和新理论提供量化的参考依据,从而最终有利于在理论上提出新的科学见解。

## 1 NCAR 的研究领域和通用模式研发

### 1.1 NCAR 的研究领域

NCAR 目前的研究领域包括:在区域和全球尺度上,开展空气质量和大气成份与气候系统相互作用的大气化学研究;通用天气模式和跨尺度大气过程了解所需要的气象学研究;强调通用气候系统模拟与气候系统分析的气候学研究;为了解太阳活动机制及太阳对地球系统的影响而开展的太阳物理、太阳—地球相互作用及中高层大气研究;为解释气候变化、强烈天气的生态和社会效应而进行的人类活动与自然系统的耦合研究;重点研究生物圈—水圈—大气圈耦合、低层大气—中高层大气耦合、天气与气候相互作用中生物地球化学循环及水循环的多学科研究;模拟和分析湍流流体动力学结构的地球物理湍流研究;改进模拟结果不确定性的应用数学和统计分析研究。

### 1.2 通用模式

NCAR 的通用模式研发工作是由 NCAR 科学家与来自其它实验室和高校的科学家共同完成的。所有的模式构成及主要的模式资料集都在互联网上开放。NCAR 标志性的通用模式是具有世界领先水平的通用气候系统模式(Community Climate System

Model, CCSM) 以及在世界范围研究机构和业务预报机构得到广泛使用的天气研究和预报模式(Weather Research and Forecast Model, WRF)。

NCAR 承担了多种通用模式的研制<sup>[9-13]</sup>,包括:

通用气候模式-4(CCSM-4):用于气候系统研究、分析、预测及评估,分辨率为 1° 经纬度,交互式耦合了碳、氮循环,并改进了包括径流及冰盖的水份表达式;上边界扩展到包括平流层顶。

臭氧及有关化学示踪物模式(Model for Ozone and Related Chemical Tracers, MOZART):全球化学传输模式,不久将与 CCSM 耦合。

嵌套区域气候模式(Nested Regional Climate Model, NRCM):用于详细的过程描述、区域和局地气候研究以及极端天气事件预报。

整层大气的通用气候模式(Whole Atmosphere Community Climate Model, WACCM):耦合了中高层大气的动力学和化学问题的气候模式。

日—地相互作用通用模式(Solar-Terrestrial Interaction Community Model, STICM):研究地球系统的太阳强迫,它的下边界与 WACCM 的上边界在磁层相连接。

全球天气研究和预报模式(Global Weather Research and Forecasting Model, Global WRF):用于数值天气预报和地球系统模拟的非静力全球大气模式。

NCAR 的长期目标之一是:在目前现有的通用模式基础上,研发地球系统通用模式(Earth System Community Model, ESCM),以补充和拓展针对特定科学问题的模式。ESCM 将是研究生态系统、人类社会及其他科学问题的新工具。模式将涉及地球的物理、化学及生物—地球物理系统的耦合相互作用,包括:

碳循环/气候反馈如何影响地球系统?

水循环/气溶胶/辐射相互作用如何影响气候变化?

氮、铁、硫的生物地球化学循环如何影响碳/气候反馈?

活性化学物质和气溶胶如何响应生物地球化学过程、云及气候的演变?

土地利用、土地覆盖变化及水资源利用如何改变生物地球化学过程?

水循环与生物地球化学循环如何相互影响?

太阳活动如何影响上层大气的化学和动力过程,这些作用又如何作用于低层大气?

未来的温室气体排放和可能的减排控制将如何影响气候?

气候和生物地球化学变化如何改变生态系统的结构和作用,气候系统和生态系统变化之间如何相互反馈?

## 2 优先研究领域

对地球系统的了解是大气及相关领域的重要任务。它需要有对此复杂系统多时间和空间尺度的观测和预报。为此,NCAR 在最新战略报告中将优先研究领域确定为:研究和了解地球和太阳的自然变率;地球系统各分量的相互作用;地球系统预测;人类活动与地球系统的演变。它们将为地球系统模式的发展提供基本框架。

### 2.1 研究和了解地球和太阳的自然变率

地球系统自然变率的模拟:观测表明,地球系统的许多分量有着较大的变率。如 ENSO、北极涛动、太平洋年代际振荡以季节到年代际尺度影响着天气和气候<sup>[14]</sup>,但对这些变率产生的机制还不完全了解。了解自然变率的关键是要从理论和概念上发展导致变化过程的模式。此外,对地球系统变率的模拟还需要认识可预报性问题,以确定与气候系统混沌有关的内在不确定性资料。NCAR 在此方面的研究活动将涉及到:

地球系统的环境作用、古气候、行星大气和可预报性研究。

不确定性资料的生成与评估。

太阳磁通量:为了解引起太阳变动及空间天气变化的过程,需要对太阳发电机效应(solar dynamo)、进入及通过太阳大气传输的磁通量及其辐射特性和动力学有全面了解。

NCAR、高校和美国国家宇航局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)空间观测站拥有的地基观测已能满足开展新的数值模拟研究,以了解太阳的跨尺度等离子区(cross-scale plasma)和电磁流体动力学过程。

这种与天体物理相联系针对太阳的研究,是对全球上层大气环流模式的补充。经过数十年的发展,不断提高的模拟与观测能力已使得该模式能处理日益复杂的动力和化学过程,并双向拓展其边界向上到磁圈,向下与低层大气的 WACCM 模式耦合。

### 2.2 地球系统分量的相互作用

气溶胶对天气和气候的作用:气溶胶对气候、水循环的作用仍有诸多不确定性,并留有許多未解决

的重要问题。如:生物和矿物气溶胶的源(汇)以及它们的直接辐射效应,区域性环流半直接强迫,初始化学成分及其演变,气溶胶和云中微物理和动力过程相互作用及其对区域(全球)气候的影响<sup>[15]</sup>。

NCAR 关于气溶胶研究的活动将针对:

影响气候变化的沙尘气溶胶、生物气溶胶及陆地、海洋生态系统之间的反馈。

次生有机气溶胶对当前气候的影响及如何在全球模式中表示其作用。

气溶胶间接效应的重要性及其与气溶胶成分和尺度分布的关系。

生态系统—生物化学—气候相互作用:生态系统与大气是相互影响的<sup>[16]</sup>。在陆地生态系统中,碳吸收及排放、局地水平衡过程、氮排放和沉积的综合研究表明在气候系统下边界这种双向相互作用是非常复杂的。海洋生态系统以及海洋动力学、化学及生物学反馈的复杂过程影响着海洋吸收碳的能力。对这些相互作用的了解是预报气候系统变化及气候变化对生态系统影响的关键。NCAR 将在国际地圈生物圈计划(IGBP)、综合陆地生态系统—大气过程研究(LEAPS)、国际全球大气化学(IGAC)、地球系统的分析、综合和模拟(AIMES)等诸多计划的框架下,致力于解决以下问题:

改进对碳氮交换、水份、矿物气溶胶及相关过程的观测,包括发展新的观测仪器和新建观测网。

进一步发展能与 CCSM 或 WRF 耦合的陆面模式。改进陆面主要过程与变化的参数化表示是其重要的一环。

气候与陆地生态系统之间的联系一直是 NCAR 的研究方向之一,把气候变化模型与影响渔业及其他海洋生态系统构成的大气、物理海洋变化联系起来将是 NCAR 今后的主要目标之一。

气候变化与极端天气事件:社会愈来愈易受到如飓风、龙卷、洪水等极端天气事件的影响,并且气候变化对极端天气事件的影响也愈来愈受到社会关注。观测和模拟表明:气候变化已经影响并将继续影响极端天气事件的发生频率和强度,但对这种相互作用的机制和变化的了解仍不够深入。更好地了解长期气候变化与天气变率的相互作用将有助于了解气候变化对社会和自然生态系统的影响,并有助于更准确地预报极端天气事件。NCAR 将致力于:

研究气候变化与飓风强度的关系。

改进全球和区域气候模式中水循环的描述方法。

研究半个月到季节内时间尺度上天气与气候的联系,包括 ENSO 和其他大尺度气候型的变化及海面温度与陆地降水时空分布的联系。

重力波作用:中层大气是一个交汇区域,太阳变化的作用和对流层上层非平衡流的作用(主要来自雷暴、对流层顶折叠和复杂地形上空的重力波爆发和垂直传播)在这里相交汇。重力波是联系低、高空大气的关键,它的作用是对流层的动量源向中、高层大气传输。观测和模拟<sup>[17]</sup>都表明重力波影响着中尺度到全球尺度的大气动力、热力组成/结构。重力波研究对对流层上部—平流层下部(Upper Troposphere-Lower Stratosphere, UTLS)、中层—热层下部—电离层(Mesosphere, Lower Thermosphere, and Ionosphere, MLTI)的研究尤为关键,因为这些区域的动力—化学耦合过程十分重要。但由于对重力波的激发区、由环流型、区域及季节激发的重力波波谱、重力波的传播条件等观测较少,重力波的这些作用难以在大气模式中准确表示。

NCAR 将通过两方面的努力,来进一步了解来自于对流层上层和热层重力波作用。一方面是使用 WACCM 模式及其他特定模式,并利用能得到的地基、空基及天基观测站的数据资料进行模拟研究;另一方面是在 UTLS 区域开展相应的观测研究工作。

### 2.3 地球系统预测

全球和局地天气预报:随着观测技术进步及计算能力的增强,天气预报的能力也日益提高。如不久将会被采用的先进资料同化技术(sophisticated data assimilation techniques),即能将不同观测系统的高分辨不同步观测资料同化到一个集合预报系统框架中。

在全球尺度上,NCAR 的贡献将通过全球观测系统研究与可预报性试验(The Observing System Research and Predictability experiment, THORPEX)计划来体现。NCAR 将:参与 THORPEX 的国际性全球集合(The International Grand Global Ensemble, TIGGL。注:它是 THORPEX 的发展、示范和评价多模式、多分析和多国家的集合预报系统,该系统被称为 THORPEX 国际性全球集合,简称为 TIGGE)分析研究;探索最优资料同化处理办法;用显式及准显式方案来表示对流参数化;发展有社会意义的验证方法;量化预报资料的使用和价值。

在局地尺度上,NCAR 研究将考虑超短时间尺度上的大气环流、加密观测系统、最新资料同化、有

限区域数值预报、预报检验和终端用户需求。

预期效益包括减少生命和财产损失、提高工业、运输业及农业的效率。

气候模式改进:类似 CCSM 的最新全球耦合气候模式,包括了对气候系统、物理过程相互作用及将气候系统作为一个整体所涉及的物理过程的认识。已用观测资料对这些模式进行了广泛的检验和评估。它们是实现数值气候试验极其有用的工具,但还存在不确定性等方面的不完善之处。这种不确定性主要来自于人们对影响大气、海洋、陆地及冰雪圈气候过程的认识不足,以及如何在模式中更好地表示这些过程方面有欠缺。发现有系统偏差的例子包括:模拟的区域降水、双重热带辐合带(Inter-Tropical Convergence Zone, ITCZ)的出现、模拟的海洋层积云下的暖海面温度(Sea Surface Temperature, SST)、由小尺度海洋涡旋及冰面变化引起的热带季节内和年际变率误差。值得一提的是,几乎所有的气候模式都能模拟出下世纪变暖的速率,却不能模拟出实际降水的变化以及目前的平均状态。NCAR 对变暖的地球上的区域水平衡研究有一定的局限,更多的研究重点是放在模式不确定性对强迫如何响应的问题上。NCAR 为降低模式偏差而设定的研究目标是:

改进对影响气候敏感性的反馈过程的认识和处理方法,包括引起大气化学、海洋混合层、海冰性质、陆面、反照率、蒸散、流失(径流)及生物地球化学循环中水循环(尤其是水汽和云过程)的变化过程。

改进影响小尺度运动过程的处理,并利用诸如大涡模拟、显式对流方案等方法提高计算气溶胶间接辐射的能力。

跨尺度预报的新途径:大尺度过程决定着控制天气和局地气候的中小尺度现象的环境场。同样,小尺度过程对大尺度环流也有重要影响。但目前的气候模式(如嵌套区域模式)框架不具备非静力平衡运动尺度的升尺度( $\psi_{scale}$ )影响能力。这种缺乏对中尺度过程系统(特别是有组织的湿对流)升尺度影响的完整表示是物理气候系统预报的局限性之一。基于对这种局限性的认识,世界气象组织(WMO)大气科学委员会(CAS)于 2003 年 5 月主持设立了一个为期 10 年的有关尺度相互作用的计划——全球观测系统研究与可预报性试验(THORPEX)计划。NCAR 承担的研究活动有:

研发嵌套区域气候模式(NRCM),它将能嵌

入到 CCSM 中的高分辨天气研究与预报模式版本中,并能在 CCSM 和 NRCM 之间进行双向转换。

NRCM 模式试验将针对全球气候模式中有组织的热带对流的升尺度影响。这是改进热带及较高纬度气候模拟的关键因子,同时也是人类活动引起的气候变化如何影响热带气旋的关键问题。

研发灵活的模式框架,以提高包括化学、生物化学及湿过程等复杂程度愈来愈高的核心物理气候系统模式的能力。

#### 2.4 人类社会活动与地球系统的变化

大城市及城市化的影响:众所周知,大城市(Megacities)污染对区域及全球空气质量的影响是巨大的。释放进大城市大气中的污染物有一次污染物(如一氧化碳、挥发性有机化合物、氧化氮)及光化学过程产生的二次污染物。NCAR 将进行的研究包括城市污染物化学/物理输送及最终状态,评估污染物对区域及全球空气质量、生态系统、当前及未来气候的影响。NCAR 已开始的大城市对区域及全球环境影响计划(The Megacities Impact on Regional and Global Environment, MIRAGE)正是针对上述目标而设立的计划。

作为 MIRAGE 计划的一部分,在墨西哥城开展的 MIRAGE-Mex 野外试验研究了墨西哥市上空污染物的气体和气溶胶化学、物理输送。该野外试验通过地面、飞机及卫星的全方位观测为区域和全球模式中改进城市污染物的传输提供了丰富资料。

从 MIRAGE-Mex 及其后研究城市烟云成份和传输的分析和试验中得出的结果将被用于预报模式(如 WRFChem 和 Global WRF)中,以实现对区域和全球尺度“化学天气”的预报。

气候及天气影响评估:气候和天气既为社会带来灾害,也为社会带来机遇。科学评估的目的是改进建立在科学认识基础上的决策过程和方法。NCAR 气候和天气影响评估活动将针对一些对决策者和科学家都具有挑战性的关键问题,包括:

量化气候模式中多重强迫有关的模拟结果不确定性。

以更全面的新方法度量对社会产生影响的天气、气候极端事件及其不确定性的变化。

扶持研究气候与人体健康相互作用问题的跨学科研究团队。

### 3 结 语

地球系统科学最早由 NASA 于 1983 年提出<sup>[18]</sup>。

20 世纪 80 年代中期开始,地球科学界的国际组织和世界各国的相关机构纷纷制定相关计划,使这一学科得以确立并蓬勃发展。如国内外地球科学领域众多科学家广泛参与的国际地圈生物圈计划(IGBP)、世界气候研究计划(WCRP)、国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)等。我国国家自然科学基金委员会(NSFC)地球科学部也于 2002 年 3 月提出了 21 世纪初的地球科学战略重点<sup>[19]</sup>,确定了“以地球系统各圈层的相互作用为主线,从我国具有优势的前沿领域寻找主攻目标”的“十五”优先资助领域战略。

地球系统研究即是把地球作为一个动态的行星来认识,视地球为几大圈层组成并相互作用的一个整体系统。而在几大圈层中,大气圈所处的位置决定了它有着特别重要的作用,因此以大气圈为主要研究对象的大气科学研究在地球系统研究中也起着重要的作用。NCAR 作为世界一流的大气科学及相关领域研究机构,在 2001 年战略报告的基础上,基于新的观测系统和高性能计算机的发展,所提出的以地球系统为中心的战略目标和优先领域,对我国的大气科学及地球科学的发展研究有着一定的借鉴意义。

目前,NSFC 地球科学部也拟将“地球系统观测新技术、新原理和新方法”、“地球系统数值模拟”等列为“十一五”大气科学发展战略和优先资助领域,以鼓励发展具有我国自主知识产权、符合我国独特地理环境的地球系统模式,研究地球系统多圈层相互作用的机理。

#### 参考文献(References):

- [1] Ye Duzheng, Ji Jijun. Prospect the overlying development of atmospheric science[J]. Advances in Earth Science, 2005, 20(10): 1047-1052. [叶笃正, 季劲钧. 迎接大气科学发展即将到来的新飞跃[J]. 地球科学进展, 2005, 20(10): 1047-1052.]
- [2] Zhou Xiuji, Wu Guoxiong, Zheng Guoguang, et al. A study of the development strategy of China meteorological science and technology[J]. Advances in Earth Science, 2005, 20(3): 261-267. [周秀骥, 吴国雄, 郑国光, 等. 中国气象科学技术发展战略研究[J]. 地球科学进展, 2005, 20(3): 261-267.]
- [3] Board on Atmospheric Sciences and Climate: The Atmospheric Sciences Entering the Twenty-First Century[Z]. National Academies Press, 1998.
- [4] Directorate for Geosciences NSF: NSF Geosciences Beyond 2000, Understanding and Predicting Earth's Environment and Habitability[Z]. NSF00-28, 2000.
- [5] NCAR as an integrator[EB/OL]. <http://www.ncar.ucar.edu/>

stratplan/plan.pdf 2006.

- [ 6 ] Zhou Xiaogang, Luo Yunfeng. The current NCAR divisions and their future research direction [ J ]. *Advances in Earth Science*, 2004, 19(6) : 1 023-1 029. [ 周小刚, 罗云峰. NCAR 的发展及其新动向 [ J ]. *地球科学进展*, 2004, 19(6) : 1 023-1 029. ]
- [ 7 ] Luo Yunfeng, Zhou Xiaogang. New directions for NCAR in next ten-year [ J ]. *Advances in Earth Science*, 2004, 19(6) : 903-909. [ 罗云峰, 周小刚. NCAR 下一个 10 年新的研究方向 [ J ]. *地球科学进展*, 2004, 19(6) : 903-909. ]
- [ 8 ] NCAR as an integrator. 2 [ EB/OL ]. <http://www.ncar.ucar.edu/stratplan/2006>.
- [ 9 ] Gettelman A, Kinnison D E, Dunkerton T J, et al. The impact of monsoon circulation on the upper troposphere and lower stratosphere [ J ]. *Journal of Geophys Res* 109, D22101, doi:10.1029/2004JD004878, 2004.
- [ 10 ] Brasseur G P, Haugustained A, Walters S, et al. MOZART : A global chemical transport model for ozone and related chemical tracers, Part 1. Model description [ J ]. *Journal of Geophysical Research* 1998, 103 : 28 265-28 289.
- [ 11 ] Richter J, Garcia R R. On the forcing of the mesospheric semi-annual oscillation in the Whole Atmosphere Community Climate Model [ J ]. *Geophysical Research Letters*, 33, L01806, doi:10.1029/2005GL024378, 2006.
- [ 12 ] Wicker L J, Skamarock W C. Time splitting methods for elastic models using forward time schemes [ J ]. *Monthly Weather Review*, 2002, 130 : 2 088-2 097.
- [ 13 ] Tie X, Emmons L, Horowitz L, et al. Effect of sulfate aerosol on tropospheric NO<sub>x</sub> and ozone budgets: Model simulations and TOPEX evidence [ J ]. *Journal of Geophysical Research*, 108 (D4), 8364, doi:10.1029/2001JD001508, 2003.
- [ 14 ] Sittel M. Differences in the Means of ENSO Extremes for Temperature and Precipitation in the United States [ Z ]. COAPS Technical Report 94-2, 1994.
- [ 15 ] Breon F M, Generoso T D. Aerosol effect on cloud droplet size monitored from satellite [ J ]. *Science* 2002, 295 : 834-838.
- [ 16 ] Bronstert A, Kabat C J, Ljckemeier S, eds. Coupled Models for the Hydrological Cycle - Integrating Atmosphere, Biosphere, and Pedosphere [ M ]. Heidelberg, Germany : Springer-Verlag, 2005 : 345.
- [ 17 ] Fritts D C, Alexander M J. Gravity wave dynamics and effects in the middle atmosphere [ J ]. *Review of Geophysical*, 41, doi:10.1029/2001RG000106, 2003.
- [ 18 ] Chen Panqin, Ma Zhenhua, Wang Genchen. *Earth System Science* [ M ]. Beijing : China Earthquake Press, 1992. [ 陈泮勤, 马振华, 王庚辰译. *地球系统科学* [ M ]. 北京 : 地震出版社, 1992. ]
- [ 19 ] Department of Earth Sciences, NSFC. Executive Strategy of Earth Science at the Beginning of Twenty-first Century [ M ]. Beijing : Science and Technology Press in China, 2002. [ 国家自然科学基金委员会地球科学部. 21 世纪初地球科学的战略重点 [ M ]. 北京 : 中国科学技术出版社, 2002. ]

## The New Characteristics of Research Priorities of National Center for Atmospheric Research

ZHOU Xiao-gang<sup>1,2</sup>, LUO Yun-feng<sup>2</sup>

(1. Training Department of Science and Technology, Training Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China; 2. Department of Earth Science, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China)

**Abstract :** A new strategic plan was put forward by National Center for Atmospheric Research (NCAR) in November 2005. The Earth system research is in the central position characterized in the strategic target and priority fields not only in the scientific research activities, but also in education and observation system in the plan. For example, the goals for scientific research are aimed at the knowledge on the effect and the precise prediction to the evolution of Earth system, whereas the research priorities include the natural variation of Earth and sun, interaction between components in the Earth system, prediction to the system and the relationship between human activity and the evolution of the Earth system, respectively. The focus in Earth system research can be used for reference for the research of atmospheric science and Earth science in China. Meanwhile, it will also promote atmospheric scientists to survey the disciplines development out of traditional weather and climate conception at higher scientific aspect.

**Key words :** Earth system; Research priorities; New characteristics.